

Nd:YAG laser focusing device for welding, especially metal sheets

Patent Number: DE4435531

Publication date: 1995-04-20

Inventor(s):

Applicant(s):: BERNHARD ALBERT DIPL ING (DE); KRIPMANN MANFRED DIPL ING (DE)

Requested Patent: ☐ DE4435531

Application Number: DE19944435531 19941005

Priority Number(s): DE19944435531 19941005

IPC Classification: B23K26/06 ; G02B5/10 ; G02B6/00

EC Classification: B23K26/14

Equivalents:

Abstract

The proposal is for a Nd:YAG laser focusing device for connection to an optical waveguide (optical fibre) (LWL) with beam collimation on the output side, the said device being characterised in that, to focus the beam, use is made of a paraboloid segment which is designed as a focusing mirror, the surface of which has a very fine and smooth structure and a high reflectivity with low energy absorption in the range of the YAG laser wavelength, the focusing mirror being protected from splashed particles and welding fumes by a cross-jet air stream running essentially parallel to the plane of the border of the mirror.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 44 35 531 A 1

51 Int. Cl. B:
B 23 K 26/06
G 02 B 5/10
G 02 R 6/00

21 Aktenzeichen: P 44 35 531.9
22 Anmeldetag: 5. 10. 84
43 Offenlegungstag: 20. 4. 95

DE 44 35 531 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

71 Anmelder:
Bernhard, Albert, Dipl.-Ing., 63100
Großkarolinentfeld, DE; Kripmann, Manfred,
Dipl.-Ing., 57330 Erndtebrück, DE

72 Erfinder:
Antrag auf Nichtnennung

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

64 Nd:YAG-Laser-Fokussiereinrichtung zum Schweißen, insbesondere von Blechen

57 Es wird eine Nd:YAG-Laser-fokussiereinrichtung zum Anschluß an einen Lichtwellenleiter (LWL) mit ausgangsseitiger Strahlkollimation vorgeschlagen, die dadurch gekennzeichnet ist, daß zur Strahlfokussierung ein als Fokussierspiegel ausgebildetes Paraboloidsegment eingesetzt wird, dessen Oberfläche sehr fein und glatt strukturiert ist und einen hohen Reflexionsgrad bei niedriger Energieabsorption im Bereich der YAG-Laser-Wellenlänge aufweist, wobei der Fokussierspiegel vor Spritzpartikeln und Schweißrauch durch einen im wesentlichen parallel zur Ebene der Spiegelrandung verlaufenden Cross-Jet-Luftstrahl geschützt wird.

DE 44 35 531 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 02. 95 505 016/522

7/29

Aufgabenstellung und Stand der Technik

Beim Schweißen von Stahlblechen, insbesondere solchen mit Zinkbeschichtung, wie auch beim Schweißen von Aluminium und anderen metallischen Werkstoffen mittels Nd:YAG-Laser-Strahl treten häufig glühende Materialpartikel explosionsartig aus dem Schmelzbad aus und bewegen sich mit sehr hoher Geschwindigkeit in alle zugänglichen Richtungen.

Darüber hinaus bilden sich Schweißrauch, die sich ebenfalls in unkontrollierter Weise bewegen und an Oberflächen ihrer Umgebung ablagern.

Beide Faktoren führen dazu, daß die beim Laserschweißen übliche Linsenoptik recht schnell an der Strahlaustrittsseite verunreinigt wird. Aus diesem Grunde ist es üblich, die Linsenoptik der Fokussiereinheit durch eine Abdeckung mit einem durch Beschichtung vergüteten, lichtdurchlässigen Schutzglas, das zwischen Schweißstelle und Fokussieroptik angebracht wird, zu schützen.

Weiterhin ist es üblich, vor dem Schutzglas noch eine sogenannte Cross-Jet-Einrichtung anzuordnen. Es handelt sich hierbei um einen kräftigen, aus einer Laval-Düse austretenden Luftstrom quer zur Achse des fokussierten Laserstrahles, der die in ihn eintretenden Partikel und Rauche ablenken und dadurch eine Verschmutzung des Schutzglases verhindern soll.

Die Sauberhaltung der Fokussiereinrichtung zum ungehinderten Durchtritt des Laserstrahles ist deshalb wichtig, weil

- a) eine Verschmutzung zu ungenügendem Energiedurchsatz und damit zu fehlerhaften Schweißungen führt, und
- b) mit steigendem Verschmutzungsgrad die Energieabsorption des Schutzglases so hoch werden kann, daß dieses durch zu hohe Wärmebelastung beschädigt wird.

Zur Vermeidung von Fehlschweißungen und von Reparaturen an der Laser-Schweißeinrichtung werden nach dem heutigen Stand der Technik die oben beschriebenen Vorkehrungen getroffen.

Trotz Cross-Jet-Einrichtung setzen sich aber immer noch in zu hohem Maße Partikel auf dem Schutzglas ab, so daß eine Standzeit von z. B. 8 Stunden kaum ohne eine allmähliche Verringerung der Schweißleistung erreichbar ist. Eine Erklärung hierfür ist, daß die Einwirkung des Cross-Jet-Luftstromes auf die glühenden Spritzer-Partikel nach Weg und Zeit relativ kurz ist und aus konstruktiven Gründen auch kaum nennenswert verbessert werden kann.

Es stellt sich somit hier die Aufgabe, eine Fokussiereinrichtung für Nd:YAG-Laser-Schweißapplikationen derart zu gestalten, daß eine gegenüber dem derzeitigen Stand der Technik erheblich längere Standzeit bei wesentlich besserem Wirkungsgrad erreicht wird.

Lösungsvorschlag

Erfindungsgemäß wird zur Lösung der gestellten Aufgabe vorgeschlagen, daß zur Strahlfokussierung ein als Fokussierspiegel ausgebildetes Paraboloidsegment, vorzugsweise aus Kupfer, eingesetzt wird, dessen Oberfläche sehr fein und glatt strukturiert ist und einen hohen

Reflektionsgrad bei niedriger Energieabsorption im Bereich der YAG-Laser-Wellenlänge aufweist, wobei der Fokussierspiegel vor Spritzpartikeln und Schweißrauch durch einen im wesentlichen parallel zur Ebene der Spiegelfläche und in einem Bereich von 30° ... 50° von der Achse des fokussierten Strahles abweichenden Winkel verlaufenden Cross-Jet-Luftstrahles geschützt wird.

Der Einsatz eines Fokussierspiegels eröffnet hierbei die Möglichkeit, den Cross Jet Luftstrom erheblich länger auf die Spritzerpartikel einwirken zu lassen, da der Cross-Jet nun nicht mehr, wie bei einer Linsenoptik, quer zur Fokussierachse, sondern in einem Winkel nennenswert kleiner als 90° zur Fokussierachse einströmen zu lassen.

Hierdurch wird erreicht, daß

- a) eine verstärkte Abkühlung der Partikel während ihres Fluges erfolgt, und
- b) die Ablenkung der Partikelflugbahn in der gewünschten, von der Fokussiereinrichtung fortweisenden Richtung erheblich verbessert wird.

Untersuchungen haben gezeigt, daß hierdurch nicht nur die Verschmutzung der Fokussiereinrichtung an sich geringer wird, sondern zugleich auch die Art der verbleibenden Ablagerungen insofern eine andere wird, als es sich nunmehr um erheblich kühlere Partikel handelt, die mit einem geeigneten Tuch leicht abzuwischen sind, da sie sich nicht mehr — wie dies bei glühenden Teilen der Fall ist — in der Oberfläche festsetzen.

Voraussetzung für die hiermit bewirkte Verlängerung der Standzeit und Erleichterung der Reinigung der Fokussiereinrichtung ist der erfindungsgemäße Einsatz eines Fokussierspiegels in Verbindung mit einem schräggestellten Cross-Jet.

Ein zusätzlicher Vorteil ergibt sich in einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Fokussiereinrichtung dadurch, daß hierbei die Kollimationseinrichtung derart drehbar gelagert ist, daß der Eintritt des LWL (Lichtwellenleiters) in das Kollimationssystem nahezu ohne Knickbelastung des LWL vorstatten geht, auch wenn schnelle Umsetzbewegungen vorgenommen werden.

Zu diesem Zweck ist die Kollimationseinrichtung konzentrisch zu ihrer Austrittsachse schwenkbar gelagert.

In einer besonders klein bauenden Ausführungsform der erfindungsgemäßen Fokussiereinrichtung wird im Strahlengang zwischen dem Austritt aus der Kollimation und dem Auftreffen auf dem Fokussierspiegel noch ein Planspiegel angeordnet, der zusammen mit dem Fokussierspiegel den Aufbau einer Fokussiereinrichtung gestattet, bei der die senkrecht zur Achse des durch den Planspiegel umgelenkten Laserstrahls und durch die Achse der Kollimation verlaufende Ebene vorzugsweise parallel zur Achse der Fokussierung angeordnet ist.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Abbildungen 1 bis ... im einzelnen beschrieben.

Abb. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Nd:YAG-Laser-Fokussiereinrichtung etwa im Maßstab 1:3, angebaut an den Werkzeugflansch eines Industrieroboters. Hierbei bedeuten:

- 1 Lichtwellenleiter, flexibel
- 2 Kollimationseinrichtung
- 3 Schutzglas für 2
- 4 Ausblöföffnung(en) für Cross-Jet-Luftstrahl

5a, b, c Äußere und zentrale Laserstrahlanteile nach dem Austritt aus der Kollimationseinrichtung
 6 Fokussierspiegel (wassergekühlt; Kühlung nicht dargestellt)
 7 Fokussierspiegelblock
 8 Cross-Jet-Einrichtung mit den Einzeldüsen 8a bis 8f
 9 Druckluftanschluß für Cross-Jet
 10 Einstellbare Ringdüse zur Schutzgas-Zuführung (Schutzgasanschluß nicht dargestellt)
 11a, b, c Äußere und zentrale Laserstrahlanteile nach der Umlenkung und Fokussierung durch den Fokussierspiegel
 12 Hältewinkel für Fokussiereinrichtung
 13 Befestigungsflansch der Fokussiereinrichtung
 14 Werkzeugflansch des Roboters
 15 6. Achse (äußere Handachse) des Roboters
 16 5. Achse des Roboters (vorletzte Handachse)
 17 Durch die Fokussierspiegelrandung verlaufende Ebene
 f Brennweite der Fokussiereinrichtung (vorzugsweise im Bereich $f = 130 \dots 200 \text{ mm}$).

Wie ersichtlich, ist in diesem Beispiel einer erfindungsgemäßen Fokussiereinrichtung ein Fokussierspiegel mit ca. 60° Strahlumlenkung für den Zentralstrahl gewählt worden. Dadurch konnte erreicht werden, daß die Gesamtanordnung einschließlich der Kollimation mit einem relativ kleinen Abstand zu den Roboter-Handachsen angeordnet werden kann.

Abb. 2 stellt eine Erweiterung der in Abb. 1 gezeigten Lösung dar, bei der die Kollimationseinrichtung mittels einer Lagerung schwenkbar angeordnet ist:

22 Lagerung der Kollimationseinrichtung;
 Mit 18 Halterung für LWL
 wird dabei der Lichtwellenleiter so abgefangen, daß bei seitlichen Auslenkungen der Fokussiereinrichtung der LWL in der Lage ist, die Kollimationseinrichtung zu schwenken. Dadurch wird die Knickbelastung für den LWL erheblich verringert.

Abb. 3 zeigt die Frontansicht.

Abb. 4 die Seitenansicht, und

Abb. 5 die Rückansicht einer besonders vorteilhaften Ausführungsform im Maßstab etwa 1:2, die nur wenig Raum beansprucht bei zugleich hoher Beweglichkeit des Systems. Diese Ausführungsform ist zusätzlich ausgestattet mit

22a, b zwei Schwenklagern für den Kollimator (erhöht die Steifigkeit)

19a, b Rückstellfedern für die Kollimations-Schwenkbewegung

20 Planspiegel (wassergekühlt; Kühlung nicht dargestellt)

21 Planspiegel-Block

und gestattet damit den Aufbau einer Fokussiereinrichtung in sehr schlanker Gesamtbauweise.

Die in den Abbildungen dargestellten Ausführungsarten sind als Beispiele für die Realisation der Erfindung zu betrachten. Sie dienen keineswegs der Begrenzung des Erfindungsinhaltes.

Patentansprüche

1. Nd : YAG-Laser-Fokussiereinrichtung zum Anschluß an einen Lichtwellenleiter (LWL) mit ausgangssseitiger Strahlkollimation, dadurch gekennzeichnet, daß zur Strahlfokussierung ein als Fokussierspiegel ausgebildetes Paraboloidsegment, vorzugsweise aus Kupfer, eingesetzt wird, dessen Oberfläche sehr fein und glatt strukturiert ist und

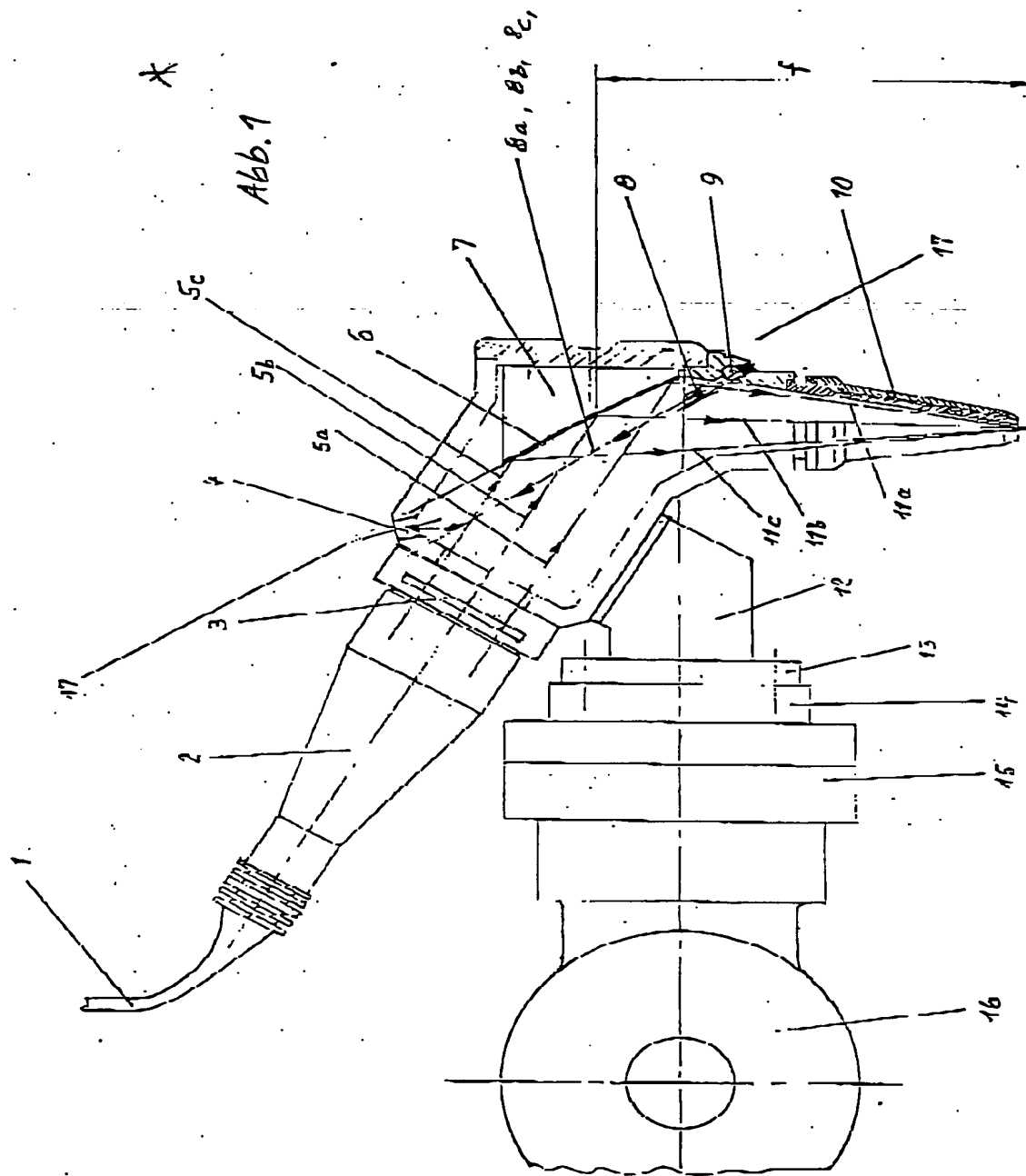
einen hohen Reflektionsgrad bei niedriger Energieabsorption im Bereich der YAG-Laser-Wellenlänge aufweist, wobei der Fokussierspiegel vor Spritzpartikeln und Schweißrauch durch einen im wesentlichen parallel zur Ebene der Spiegelrandung und in einem im Bereich von $30^\circ \dots 50^\circ$ von der Achse des fokussierten Strahles abweichenden Winkel verlaufenden Cross-Jet-Luftstrahl geschützt wird.

2. Nd : YAG-Laser-Fokussiereinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kollimator um eine konzentrisch zur Achse der aus dem Kollimator austretenden Strahlen liegende Achse in einem Winkelbereich von etwa $\pm 45^\circ$ um eine Mittelstellung bewegbar und zu diesem Zweck drehbar gelagert ist.

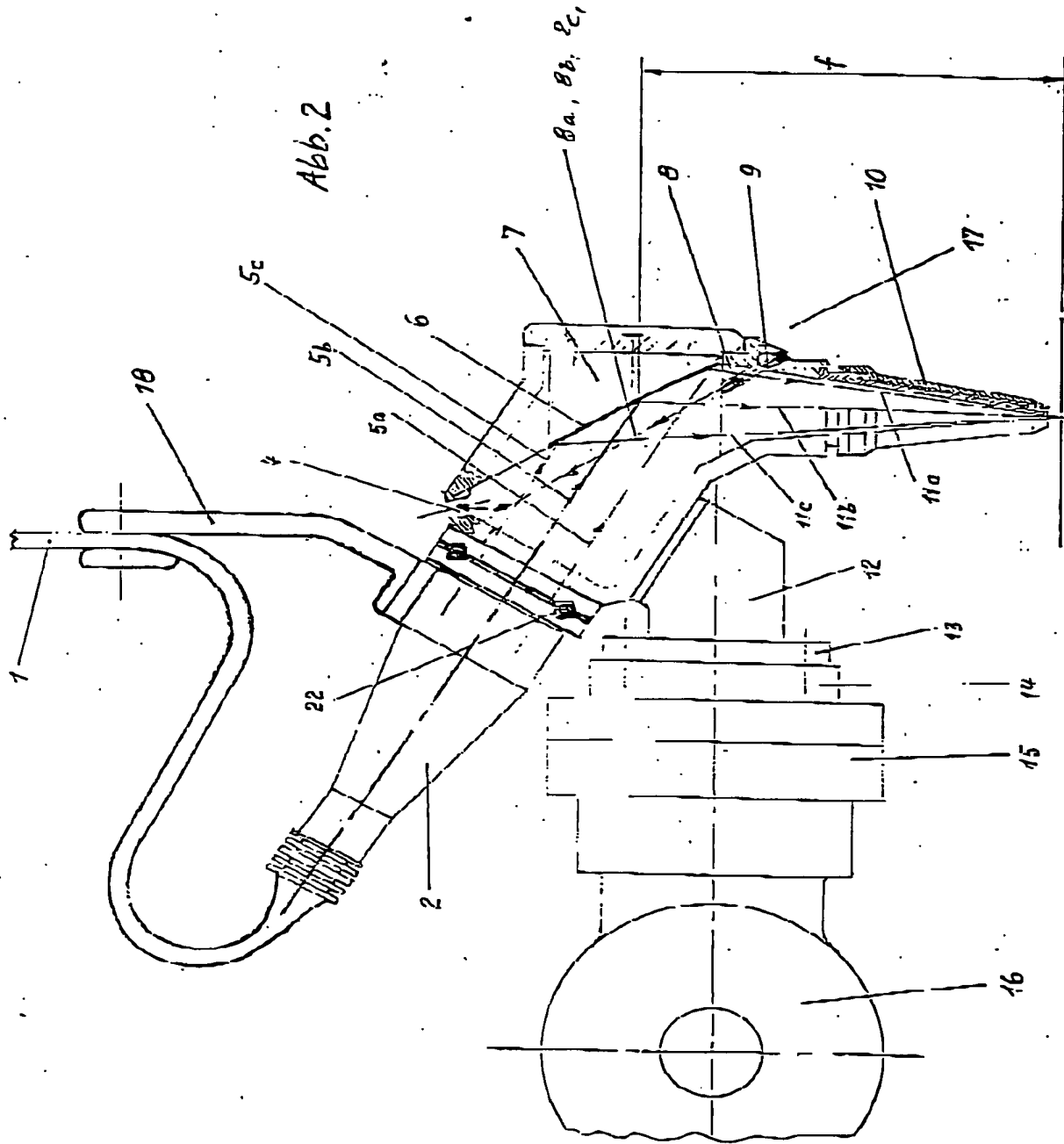
3. Nd : YAG-Laser-Fokussiereinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kollimator durch eine federnde Einspannung bei Abwesenheit äußerer Auslenkkräfte in seiner Mittelstellung gehalten wird.

4. Nd : YAG-Laser-Fokussiereinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der aus der Kollimation austretende parallelgerichtete Laserstrahl mittels eines Planspiegels auf den Fokussierspiegel umgelenkt wird, wobei die senkrecht zur Achse des durch den Planspiegel umgelenkten Laserstrahls und die Achse der Kollimation verlaufende Ebene vorzugsweise parallel zur Achse der Fokussierung angeordnet ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen



508 016/522



508 016/522

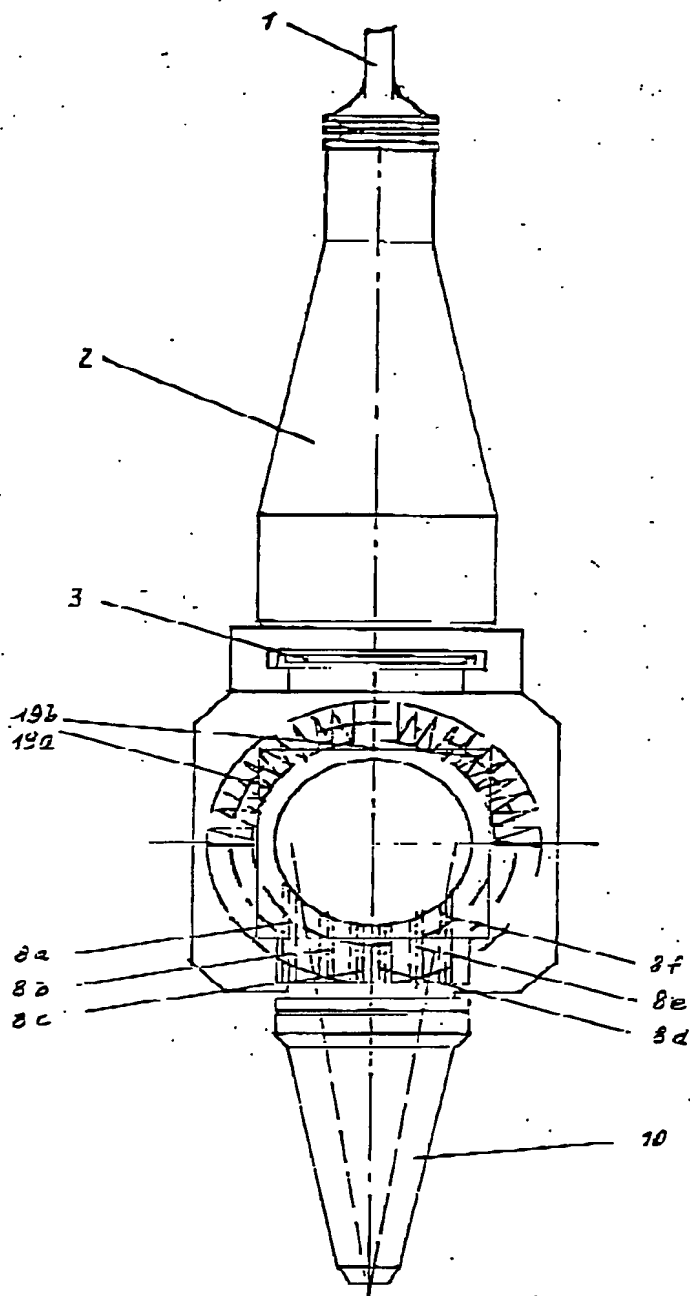


Abb. 3

508 016/522

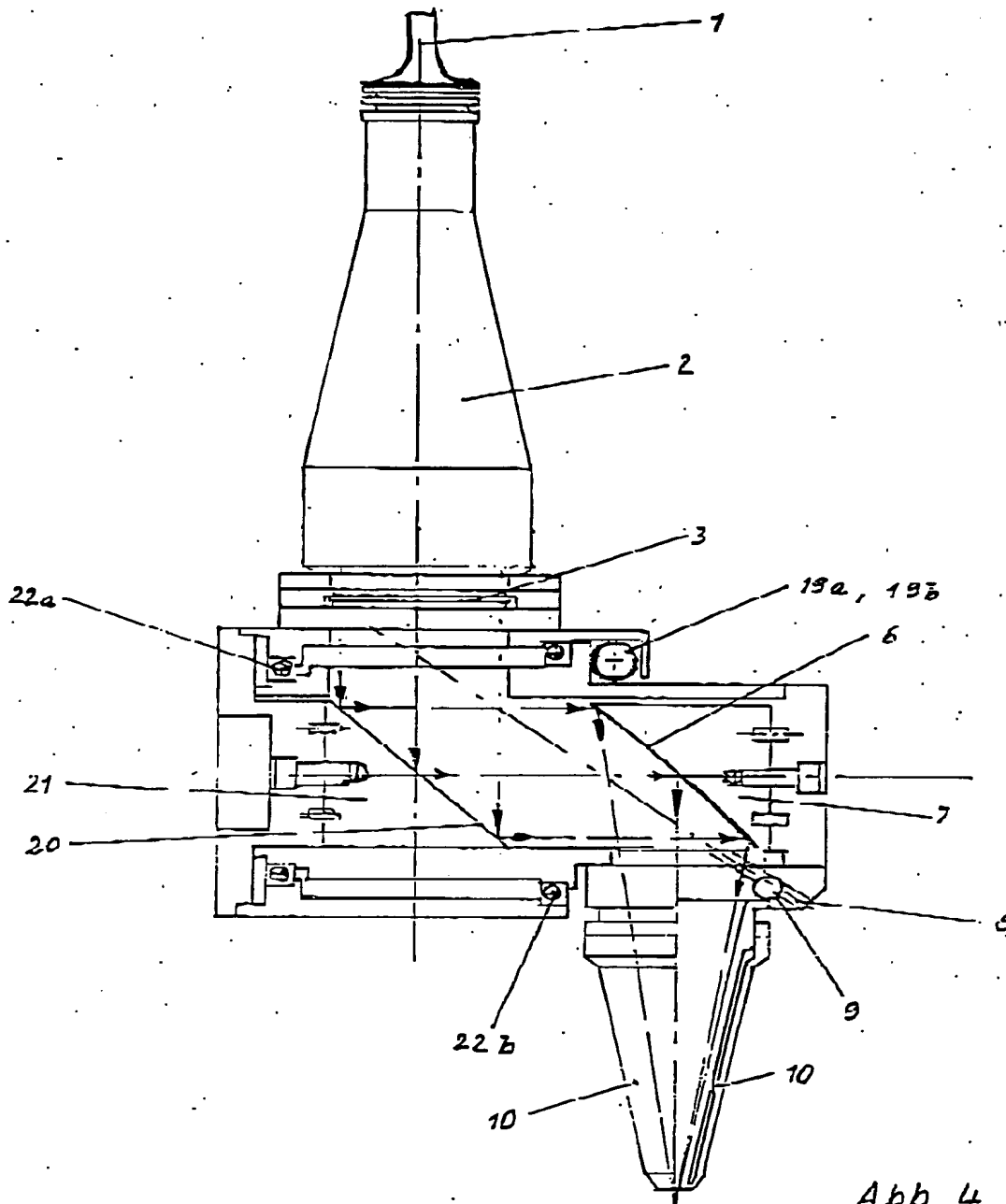


Abb. 4

508 010 R05

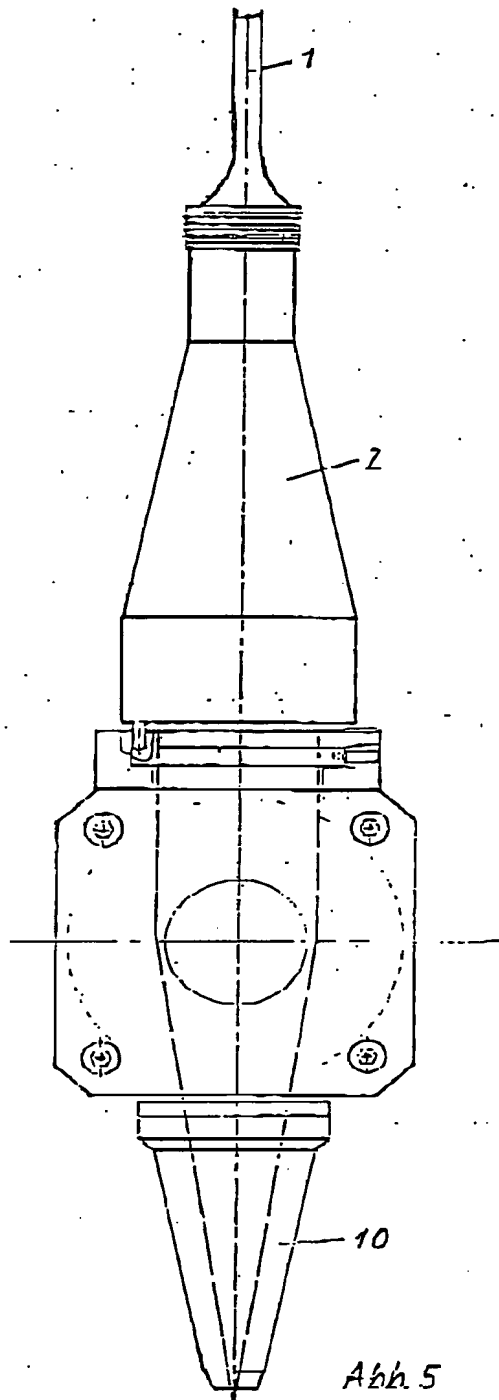


Abb. 5

508 016/522